

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-179841

(43)Date of publication of application : 12.07.1990

---

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
C21D 8/06  
C22C 38/32  
C22C 38/60

---

(21)Application number : 63-331912

(71)Applicant : AICHI STEEL WORKS LTD

(22)Date of filing : 29.12.1988

(72)Inventor : NOMURA KAZUE

---

**(54) NON-HEATTREATED STEEL FOR INDUCTION HARDENING AND ITS MANUFACTURE**

**(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To obtain excellent hardening depth in the steel at the time of induction hardening by subjecting a steel having specified contents of Al, Ti, B and N to hot rolling in which temp. range and reduction rate of area are specified and regulating the cooling conditions.

**CONSTITUTION:** A steel constituted of, by weight, 0.30 to 0.60% C, 0.10 to 0.80% Si, 0.60 to 2.00% Mn,  $\leq 0.60\%$  Cr, 0.05 to 0.30% V, 0.030 to 0.100% Al, 0.0080 to 0.0200% N, 0.0005 to 0.0050% B and the balance Fe with impurity elements is heated to 1000 to 1300° C. Then, the steel is hot-rolled in the temp. range of 800 to 900° C at  $\geq 60\%$  reduction rate of area. The steel is successively cooled from 800 to 600° C at 1 to 80° C/min. If required, prescribed amounts of Ti or one or more kinds among S, Pb and Ca are incorporated into the steel. The non-heat-treated steel has excellent induction hardening capacity and has sufficient strength and toughness.

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-179841

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)7月12日

C 22 C 38/00  
C 21 D 8/06  
C 22 C 38/32  
38/60

3 0 1 A 7047-4K  
A 7371-4K

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全7頁)

⑮ 発明の名称 高周波焼入用非調質鋼およびその製造方法

⑯ 特 願 昭63-331912

⑰ 出 願 昭63(1988)12月29日

⑱ 発 明 者 野 村 一 衛 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製鋼株式会社内

⑲ 出 願 人 愛知製鋼株式会社 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地

⑳ 代 理 人 弁理士 土 川 晃

明 細 書

1. 発明の名称

高周波焼入用非調質鋼およびその製造方法

2. 特許請求の範囲

(1) 重量比でC:0.30~0.60%、Si:0.10~0.80%、Mn:0.60~2.00%、Cr:0.60%以下、V:0.05~0.30%、Al:0.030~0.100%、N:0.0080~0.0200%、B:0.0005~0.0050%を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなることを特徴とする高周波焼入用非調質鋼。

(2) 重量比でC:0.30~0.60%、Si:0.10~0.80%、Mn:0.60~2.00%、Cr:0.60%以下、V:0.05~0.30%、Al:0.030~0.100%、N:0.0080~0.0200%、B:0.0005~0.0050%、Ti:0.005~0.020%を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなることを特徴とする高周波焼入用非調質鋼。

(3) 重量比でC:0.30~0.60%、Si:

0.10~0.80%、Mn:0.60~2.00%、Cr:0.60%以下、V:0.05~0.30%、Al:0.030~0.100%、N:0.0080~0.0200%、B:0.0005~0.0050%を含有し、さらにS:0.04~0.10%、Pb:0.05~0.30%、Ca:0.0005~0.0060%のうち1種または2種以上を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなることを特徴とする高周波焼入用非調質鋼。

(4) 重量比でC:0.30~0.60%、Si:0.10~0.80%、Mn:0.60~2.00%、Cr:0.60%以下、V:0.05~0.30%、Al:0.030~0.100%、N:0.0080~0.0200%、B:0.0005~0.0050%を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなる鋼を1000~1300℃に加熱した後、800~900℃の温度域にて60%以上の積面率で熱間圧延し、800℃から600℃の間を1~80℃/分にて冷却することを特徴とする高周波焼入用非調質鋼の製造方法。

(5) 重量比でC:0.30~0.60%、Si:0.10~0.80%、Mn:0.60~2.00%、Cr:0.60%以下、V:0.05~0.30%、Al:0.030~0.100%、N:0.0080~0.0200%、B:0.0005~0.0050%、Ti:0.005~0.020%を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなる鋼を1000~1300℃に加熱した後、800~900℃の温度域にて60%以上の減面率で熱間圧延し、800℃から600℃の間を1~80℃/分にて冷却することを特徴とする高周波焼入用非調質鋼の製造方法。

(6) 重量比でC:0.30~0.60%、Si:0.10~0.80%、Mn:0.60~2.00%、Cr:0.60%以下、V:0.05~0.30%、Al:0.030~0.100%、N:0.0080~0.0200%、B:0.0005~0.0050%を含有し、さらにS:0.04~0.10%、Pb:0.05~0.30%、Ca:0.0005~0.0060%のうち1種または2種以上を含有し、残部が

Feおよび不純物元素からなる鋼を1000~1300℃に加熱した後、800~900℃の温度域にて60%以上の減面率で熱間圧延し、800℃から600℃の間を1~80℃/分にて冷却することを特徴とする高周波焼入用非調質鋼の製造方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### [産業上の利用分野]

本発明は熱間圧延のままで、焼入れ焼もどし等の熱処理を行うことなく、所望の強度、韌性を得ることができ、さらに高周波焼入において10mm以上の表面硬化能を有しているために、特に産業車両、建設機械等に用いられるピン、シャフト等の機械構造部品に適した高周波焼入用非調質鋼に関するものである。

#### [従来の技術]

産業車両、建設機械等において、耐摩耗性、耐かじり性あるいは疲労強度が要求されるピン類、シャフト類あるいはロッド類等には、JIS S45C等の機械構造用炭素鋼、ないしはSCM4

35等の機械構造用合金鋼が広く使用されている。

これらの部品は、上記鋼種の圧延材もしくは荒加工品を焼入れ焼もどし処理を行い、所定の強度、韌性を付与した後、機械加工により、所定の形状にした後、さらに必要な部位に高周波焼入を施すことにより製造される。

ここで高周波焼入は部品の耐摩耗性、耐かじり性あるいは疲労強度を向上させるための処理として必要なものであるが、その性能は硬化硬さと硬化深さによって支配される。硬化硬さについては、一般にHv600以上が必要とされる。また、硬化深さは部品径の10%以上が望まれる。

特に硬化深さについては、部品径が小さい場合には問題ないが、例えば100mmφ以上の大きな部品となると硬化深さは10mm以上求められることになり、S45C等の炭素鋼にては焼入性が不足しており、硬化深さの達成は困難であるため、やむなく浅い硬化深さにて使用するか、あるいは高価なSCM435等の合金鋼を用いるのが現状である。

#### [発明が解決しようとする問題点]

そこで、焼入れ焼もどし処理を省略しても、所定の強度、韌性が得られる非調質鋼の研究、開発が盛んに行なわれており、一部実用化されている。しかし、これら非調質鋼は、中炭素鋼、あるいは中炭素マンガン鋼に相当量のVを添加したものであり、強度、韌性については、焼入れ焼もどし材に比べて同程度確保されているが、焼入性については、中炭素鋼、中炭素マンガン鋼と同程度であり、10mm以上という硬化深さを達成するのは困難である。

焼入性を向上させるために、Cr、Mo、Ni等を添加する方法が考えられるが、熱間圧延のままでは、ベイナイト、マルテンサイト等の異常組織が生成され、韌性の低下、あるいは硬さ増加による切削性の低下が生じ、実用的ではない。

このような従来技術において、焼入れ焼もどしが省略でき高周波焼入によって10mm以上の深い硬化能が得られれば大幅なコスト低減が図られ、省エネルギー等の社会的要請には応えることができ

る。本発明は従来の非調質鋼の前記のごとき問題点に鑑みてなされたもので、熱間圧延のままで充分な強度、靱性が得られ、さらに高周波焼入時に優れた硬化深さが得られる高周波焼入用非調質鋼を提供することを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明者は従来の非調質鋼の焼入性について鋭意研究を重ねた。その結果、B添加により焼入性を向上させることを着想した。ところでBを添加した場合、Nが存在すると、Bと窒化物を作り易いので、従来は窒素量に応じたTiを添加してTiNとしてNを固定し、Bの添加を有効活用していた。しかしながら、B添加の場合にこのような手法を取ると、粗大なTiNの存在によって結晶粒が粗大化してしまうという欠点がある。

そこでAlを使ってNを固定することを考えた。Alを使ってNを固定すると、AlNの存在によって結晶粒の微細化が図られる。また、Bを添加する場合はN量を低減するのが普通であるが、AlによりNを固定する場合は、Nを積極的に添加し

てAlN量を増加することが必要である。一方、Alに比べてTiの方がNとの結合力が強いので、Tiは可及的に低減し、Tiで固定できなかったNをAlで固定することが好ましい。

本発明は前記のごとき新たな知見に基づき、Al、Ti、B、Nの最適の組成範囲の組み合わせを見出だすことにより完成されたものである。さらに、所望の強度および靱性を得るためには、所定の制御圧延が必要であることを見出だした。

本発明の高周波焼入用非調質鋼は第1発明として、重量比でC:0.30~0.60%、Si:0.10~0.80%、Mn:0.60~2.00%、Cr:0.60%以下、V:0.05~0.30%、Al:0.030~0.100%、N:0.0080~0.0200%、B:0.0005~0.0050%を含有し、残部がFeおよび不純物元素からなることを要旨とする。第2発明は第1発明にさらにTi:0.005~0.020%を含有し、第3発明は第1発明の切削性を改善するため、さらにS:0.04~0.10%、Pb:0.05~0.30%、Ca:0.

0.005~0.0060%のうち1種または2種以上を含有したことを要旨とする。

また、本発明の高周波焼入用非調質鋼の製造方法は、第1発明鋼~第3発明鋼を1000~1300℃に加熱した後、800~900℃の温度域にて60%以上の減面率で熱間圧延し、800℃から600℃の間を1~80℃/分にて冷却することを要旨とする。

〔作用〕

本発明鋼は適当量のVを添加することにより、熱間圧延のままでフェライトーパーライト組織が得られ、S45C材の焼入焼もどしと同程度の強度と靱性を得ることができる。

また、Bを添加したことにより、SCM435並の焼入性が得られ、高周波焼入時の硬化深さが10mm以上という優れた硬化能が確保される。このBの添加は、含有されるNが同時に添加されるTiおよびAlによりTiNおよびAlNとして固定されるため、焼入硬化能の確保のため極めて効果的に活用される。

しかも、Nを固定したAlNは結晶粒を微細化するので、強度および靱性を向上する。そこで、本発明では、従来Bを添加した場合にNを可及的に減少するのであるが、積極的にNを添加して結晶粒微細化に必要なAlN量を確保している。そのため、本発明においてAlとNとの比率は3以上とすることが望ましい。さらに、Mnが焼入性を向上するので、Mnの添加は焼入深さの調整することに役立つ。

本発明においては、フェライトーパーライト組織を得ることが前提となる。鋼材の焼入性を上げるためには、Cr、Mo、Niを添加するのが一般的であるが、これら元素の添加により、熱間圧延のままではベイナイトあるいはマルテンサイトが出てしまう。そうすると、靱性が低下したり、硬さが上がって切削性が劣化する。本発明ではフェライトーパーライト組織が得られるが、焼入性はCr、Ni、Moを添加したものと同程度である。

本発明においては、1000~1300℃に加熱した後、800~900℃の温度域にて60%

以上の減面率で熱間圧延し、800℃から600℃の間を1~80℃/分にて冷却するという制御圧延によって、組織が微細化され所望の強度と靱性を確保することができる。

次に、本発明の高周波焼入用非調質鋼の化学成分の組成限定理由を説明する。

C:0.30~0.60%

Cは機械構造用部品としての強度を確保する上で、あるいは高周波焼入硬さを確保する上で、必要不可欠な元素であり、0.30%以上の含有が必要である。しかし、0.60%を越えて含有されると靱性が低下するので、上限を0.60%とした。

Si:0.10~0.80%

Siは製鋼時に脱酸剤として添加されるものであって、0.10%未満ではその作用が不足する。しかし、0.80%を越えて含有されると、靱性を著しく低下させるので、上限を0.80%とした。

Mn:0.60~2.00%

るので、上限を0.30%とした。

Al:0.030~0.100%

AlはBと結合し易いNをAlNの形で固定し、Bの添加効率を向上させるとともに、AlNによって結晶粒を微細化するために必要な元素である。前記効果を得るためには0.030%以上含有されることが必要である。しかし、0.100%を越えて含有されると、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量が多くなり、切削性を阻害するので、上限を0.100%とした。

N:0.0080~0.0200%

NはAlと結合してAlNを生成し、結晶粒を微細化するのに必要な元素であり、0.0080%以上が含有されることが必要である。しかし、0.0200%を越えて含有されると、靱性を低下するので、上限を0.0200%とした。

Ti:0.005~0.020%

TiはBと結合し易いNをTiNの形で固定するとともに、強度を向上させるのに必要な元素であり、この効果を得るためには0.005%以上の含有が必要である。しかし、0.020%を越え

Mnはフェライト-パーライト組織の強度確保、Sの固定として0.60%以上の含有が必要である。しかし、2.00%を越えて含有されると、焼入性が向上し過ぎて熱間圧延のままでベイナイト、マルテンサイト等を発生させ、必要以上に強度を増加させ、また切削性を低下させるので、その上限を2.00%とした。

Cr:0.60%以下

Crはフェライト-パーライト組織の強度確保のために、添加しても良いが、0.60%を越えると焼入性が向上し過ぎて熱間圧延のままでベイナイト、マルテンサイト等を発生させ、必要以上に強度を増加させ、また切削加工性を低下させるので、上限を0.60%とした。

V:0.05~0.30%

Vは微細な炭化物を析出し必要な強度および靱性を得るのに必要な元素である。0.05%未満ではその効果が不十分なので、下限を0.05%とした。しかし、0.30%を越えて含有されせともその効果が飽和するとともに、コスト高とな

て添加されると、粗大な窒化物が形成されマイクロ組織を粗くするので、上限を0.020%とした。

B:0.0005~0.0050%

Bは焼入性を改善し高周波焼入時に硬化深さを確保するために必要な元素であり、この効果を得るためには0.0005%以上の添加が必要である。しかし、0.0050%を越えて添加してもその効果が飽和するので、上限を0.0050%とした。

S:0.04~0.10%、Pb:0.05~0.30%、Ca:0.0005~0.0060%

S、PbおよびCaは鋼の切削性を改善する元素であり、この効果を得るためにはS0.04%以上、Pb0.05%以上、Ca0.0005%以上を添加する必要がある。しかし、S0.10%以上、Pb0.30%以上、Ca0.0060%以上を添加すると熱間加工性が劣化するので、上限をそれぞれ0.10%、0.30%および0.0060%とした。

加熱温度を1000~1300℃としたのは1

000℃未満では鋼中へのVの固溶が十分でなく、かつ1300℃を超えると結晶粒の粗大化や一部溶解するためであり、また本発明の制御圧延において、800～900℃の温度域で熱間圧延することとしたのは、800℃未満の温度では圧延が困難であり組織が不均一になるからであり、900℃を超えると組織が微細化されないからである。熱間圧延の減面率を60%以上としたのは、減面率が60%未満であると組織が微細化されないからである。さらに熱間圧延後に800℃から600℃の間の冷却速度を1～80℃/分としたのは、1℃より低いと十分な強度が得られないからであり、80℃を超えるとベイナイトが発生し切削性が劣化するからである。

[実施例]

次に、本発明の特徴を従来鋼、比較鋼と比べて実施例で以て明らかにする。

第1表はこれら供試鋼の化学成分を示すものである。

(以下余白)

第 1 表

区分	記号	化 学 成 分 (重量%)											
		C	Si	Mn	Cr	V	Al	N	Ti	B	S	Pb	Ca
第1発明鋼	A	0.45	0.38	1.28	0.28	0.25	0.052	0.0120		0.0035			
	B	0.35	0.75	0.86	0.07	0.11	0.080	0.0160		0.0020			
	C	0.53	0.28	1.56	0.32	0.08	0.048	0.0085		0.0042			
	D	0.48	0.56	1.08	0.54	0.18	0.064	0.0182		0.0018			
第2発明鋼	E	0.38	0.35	0.78	0.05	0.22	0.095	0.0093	0.016	0.0025			
	F	0.44	0.62	1.35	0.15	0.18	0.055	0.0153	0.008	0.0033			
第3発明鋼	G	0.31	0.44	0.71	0.48	0.25	0.072	0.0092		0.0024	0.08		
	H	0.54	0.77	0.68	0.05	0.24	0.038	0.0135		0.0044		0.18	
	I	0.46	0.34	1.68	0.38	0.09	0.048	0.0183		0.0008			0.0031
	J	0.38	0.68	0.93	0.10	0.14	0.067	0.0085		0.0038	0.05	0.08	0.0024
比較鋼	K	0.44	0.38	1.22	0.18	0.22	0.025	0.0125		0.0016			
	L	0.38	0.22	0.72	0.29	0.11	0.042	0.0060		0.0031			
	M	0.39	0.47	0.88	0.44	0.24	0.037	0.0155					
従来鋼	N	0.45	0.25	0.85	0.16		0.020	0.0082					
	O	0.35	0.23	0.78	1.12		0.023	0.0075	(Mo 0.24)				

第1表において、A～J鋼は本発明鋼であって、A～D鋼は第1発明、E～F鋼は第2発明、G～J鋼は第3発明鋼である。また、K～M鋼は比較鋼であって、K鋼はA1が本発明の組成範囲より低い比較鋼、L鋼はNが本発明の組成範囲より低い比較鋼、M鋼はBを含有しない比較鋼である。N鋼はS45C相当の従来鋼、O鋼はSCM435相当の従来鋼である。

第1表に示す本発明鋼および比較鋼については、直径200mmの丸棒を1250℃に加熱後、850℃にて直径120mmの丸棒に熱間圧延後、800℃から600℃の間を20℃/分の冷却速度で冷却した。また、従来鋼N鋼およびO鋼は直径120mmに圧延した丸棒を880℃にて加熱後、油浴中へ焼入れを行い、続いて580℃にて焼もどしを行った。各供試材の表面より30mmの位置よりJIS4号試験片およびシャルピーJIS3号試験片を採取し試験に供した。続いて各供試鋼について110mmな切削し高周波焼入を行い、表面硬さおよび硬化深さを測定した。得られた結果は

第2表に示した。なお、高周波焼入条件は電力200kw、電圧640V、周波数5KHz、送り2.5mm/秒、焼入後の焼もどしは180℃×2時間であり、各供試鋼につき同一条件で行った。

(以下余白)

表 2

区分	記号	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	衝撃値 (kgf/cm <sup>2</sup> )	熱処理	高周波焼入	
					表面硬さ(Hv)	硬化深さ(mm)
第1発明	A	98.8	6	1250℃加熱 850℃熱間圧延 (200φ→120φ) 減面率64% 800～600℃ 冷却速度20℃/分	720	12.0
	B	75.8	8		640	12.5
	C	95.2	6		780	13.0
	D	96.7	6		740	12.5
第2発明	E	79.7	8		670	12.5
	F	94.9	6		700	12.0
第3発明	G	80.2	7		610	12.0
	H	98.0	6		780	12.5
比較鋼	I	91.8	6		720	13.0
	J	78.2	8		650	12.5
従来鋼	K	93.5	3		700	7.0
	L	70.2	3		670	12.0
	M	88.8	6		680	6.5
	N	71.1	6		710	6.5
	O	88.8	10	焼入・焼もどし	640	12.5

第2表から知られるように、比較例であるK鋼はA1含有量が低いために窒素が固定されずB添加の効果が削減されて衝撃値が低くかつ焼入硬化深さが十分でない。また、比較例であるL鋼はNが本発明の組成範囲より低いため、硬化深さは得られるものの結晶粒が微細化されずに引張強さ、衝撃値および表面硬さが不十分である。M鋼はBを含有しない比較鋼であるが、焼入性が十分でないため、硬化深さが不足する。従来鋼のN鋼は焼入性の不足のため硬化深さが不十分である。

これに対して、本発明鋼であるA～J鋼は、引張強さはほぼ従来鋼のO鋼(SCM435)に匹敵し、衝撃値は従来鋼のO鋼にやや劣るものの6～8kgf/cm<sup>2</sup>が得られており、また表面硬さはHv610～780であってO鋼に優り、さらに硬化深さはO鋼並の12.5mmが得られ、全体的にはO鋼に匹敵するかそれより優る高周波焼入特性の得られることが確認された。

[発明の効果]

本発明の高周波焼入用非調質鋼およびその製造

方法は以上説明したように、Bを添加して高周波焼入による硬化深さを確保するとともに、NをAINとして固定しBの添加の効果を有効活用する一方、Nを積極的に添加して結晶粒微細化に必要なAIN量を確保し、さらに本発明方法による制御圧延により組織が微細化され所望の強度と靱性が確保される。そのため、本発明鋼はSCM435等の高価な機械構造用低合金鋼に匹敵するかむしろそれより優る高周波焼入硬化能を有するとともに、十分な強度と靱性を具備し、産業車両、建設機械に用いられるピン、シャフト等の機械構造部品に極めて有用な材料である。

特許出願人 愛知製鋼株式会社

代理人 井理士 土 川 晃

